

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-174710

(P2000-174710A)

(43) 公開日 平成12年6月23日 (2000.6.23)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	マークシート [*] (参考)
H 0 4 B 10/17		H 0 4 B 9/00	J
10/18		H 0 1 S 3/06	B
H 0 1 S 3/06		3/10	Z
3/10		H 0 4 B 9/00	E
H 0 4 J 14/00			S

審査請求 有 請求項の数 2 O L (全 14 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-21168 (P2000-21168)
 (62) 分割の表示 特願平7-6141の分割
 (22) 出願日 平成7年1月19日 (1995.1.19)

(71) 出願人 000005223
 富士通株式会社
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
 1号
 (72) 発明者 友藤 博明
 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
 富士通株式会社内
 (74) 代理人 100105337
 弁理士 眞鍋 潔 (外3名)

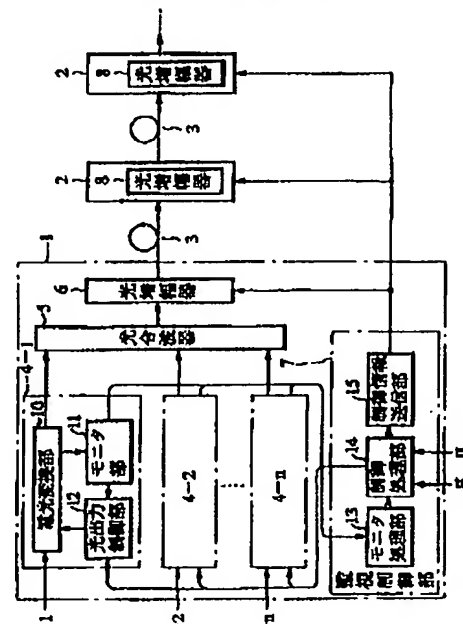
(54) 【発明の名称】 光波長多重通信システムの制御方法

(57) 【要約】

【課題】 光波長多重通信システムの制御方法に関し、波長数の増減によっても安定な通信を可能とする。

【解決手段】 光端局装置1と複数の光中継装置2と光伝送路3とを含み、複数の波長の光信号を多重化して伝送する光波長多重通信システムに於いて、波長数の増減を決定すると、光端局装置1や光中継装置2の光増幅器6、8等の光増幅手段を、利得が一定となるように監視制御部7等によって制御する過程を含む。又波長数の増減を実施した後、光増幅手段により増幅した光出力レベルが所定値となるように制御する過程を含むものである。

本発明の第1の実施例の説明図



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 異なる波長の光信号を多重化した光波長多重信号の波長数の増減を決定し、

該波長数の増減時に、前記光波長多重信号を増幅する光増幅手段を、該光増幅手段の利得が一定となるように制御する過程を含むことを特徴とする光波長多重通信システムの制御方法。

【請求項 2】 異なる波長の光信号を多重化した光波長多重信号の波長数の増減を決定し、

該波長数の増減時に、前記光波長多重信号を増幅する光増幅手段を、該光増幅手段の利得が一定となるように制御し、

前記光波長多重信号を構成する光信号の波長数の増減を実行し、

その後前記光波長多重信号を増幅する光増幅手段を、該光増幅手段による増幅出力光信号のレベルが所定値となるように制御する過程を含むことを特徴とする光波長多重通信システムの制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、多重化した光信号を伝送する多重光通信システムの制御方法に関する。大容量且つ高速通信システムとして各種の光通信システムが実用化されており、又波長多重化による光波長多重通信システムや時分割多重化による時分割光多重通信システム等が知られている。このような多重光通信システムの運用の柔軟性を増大し、且つ信頼性の向上を図ることが要望されている。

【0002】

【従来の技術】 波長多重化や時分割多重化による従来例の多重光通信システムに於いて、光端局装置に、例えば、複数の回線対応にそれぞれ波長の異なる光信号を出力する光送信器と、光合波器と、光増幅器とを設け、又光端局装置間を接続する光伝送路の所定距離毎に光中継装置を接続し、光端局装置から波長多重化した光信号を送出し、光中継装置で増幅中継し、この多重化光信号を受信した光端局装置は、分波器により波長対応に分波し、それぞれ電気信号に変換して回線に送出する構成を備えたものとなる。

【0003】 その場合の光端局装置の光増幅器及び光中継装置の光増幅器は、多重化光信号を一括して光信号の状態で増幅するもので、例えば、エルビウム (Er) ドープ光ファイバに、多重化光信号と共に、半導体レーザからの励起光を導入して多重化光信号を増幅する構成を有するものである。このような光増幅器は、光出力一定制御方式によって制御する構成が一般的である。これは、中継増幅後の光出力レベルの安定化を図ることにより、各中継区間を独立的に方式設計が可能となる為である。

望の S/N を維持する為に、1 波長 (1 回線) 当たり、或る値以上の光電力 P_0 が必要であり、従って、波長数 (回線数) を n とすると、前述の各光増幅器は、 $n \times P_0$ の光電力を出力するように設計するものである。従って、多重光通信システムの運用開始にあたって、波長数 (回線数) に応じて、各光増幅器の出力レベルを設定するものである。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 多重光通信システムの運用の柔軟性の観点からは、回線数 (波長) の増減が容易であることが望ましいことになる。又信頼性の観点からは、障害発生時の回線 (波長) のみに対して予備回線を切替接続することにより、他の回線 (波長) では通信を継続できるようにすることが望ましいことになる。しかし、従来例の多重光通信システムに於いては、光端局装置の光増幅器及び中継装置の光増幅器は、前述のように、光出力一定制御方式により、多重化光信号の光出力を一定化するように制御するものであって、波長当たりの光信号のレベルをそれぞれ制御するものではない。従って、波長当たりの光信号レベルが変動することになる。

【0006】 このような波長当たりの光信号レベルの変動により、光伝送路を構成する光ファイバの非線型効果による問題が生じる。即ち、波長当たりの光信号レベルが或る値以上に大きくなると、自己位相変調効果等によって光信号波形の歪みが大きくなる問題がある。又受信側に於ける所望の S/N を確保する為には、波長当たりの光信号レベルが所定値以上であることが必要である。

【0007】 中継区間に於ける光増幅器の波長当たりの光出力と光入力との差を送受レベル差と称し、この送受レベル差が中継区間の光伝送路の損失以上になるようにシステム設計を行うものである。その場合、回線数 (波長数) の増減による波長対応の光信号レベルの変動分をマージンとして確保することになる。それによって、送受レベル差の光伝送路損失への配分量が小さくなる。換言すれば、中継区間を短くする必要がある。又光波長多重通信システムに於いて、システム運用中の波長数の増減が行われる場合があり、前述の送受レベル差やマージンを所望の値に維持することが必要となる。本発明は、回線数の増減等の運用の柔軟性を大きくし、且つ安定性並びに信頼性の向上を図ることを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明の光波長多重通信システムの制御方法は、(1) 異なる波長の光信号を多重化した光波長多重信号の波長数の増減を決定し、この波長数の増減時に、光波長多重信号を増幅する光増幅手段を、この光増幅手段の利得が一定となるように制御する過程を含むものである。

【0009】 又 (2) 異なる波長の光信号を多重化した光波長多重信号の波長数の増減を決定し、この波長数の

増減時に、前記光波長多重信号を増幅する光増幅手段を、この光増幅手段の利得が一定となるように制御して、光波長多重信号を構成する光信号の波長数の増減を実行し、その後、光波長多重信号を増幅する光増幅手段を、この光増幅手段による増幅出力信号のレベルが所定値となるように制御する過程を含むものである。

【0010】

【発明の実施の形態】図1は本発明の第1の実施例の説明図であり、1は光端局装置、2は光中継装置、3は光伝送路、4-1~4-nは光送信器、5は光合波器、6は光増幅器、7は監視制御部、8は光増幅器、9-1~9-nは回線、10は電光変換部、11はモニタ部、12は光出力制御部、13はモニタ処理部、14は制御処理部、15は制御情報送信部であり、光端局装置1に、複数の光中継装置2が光伝送路3を介して接続された実施の形態を示し、光端局装置1に対する相手光端局装置は図示を省略している。又光端局装置1は、多重化光信号を送出する部分のみを示し、受光部分は図示を省略している。

【0011】又光送信器4-1~4-nは、それぞれ異なる波長の光信号を出力する電光変換部10、或いはそれぞれ異なるタイムスロットに光信号を出力する半導体レーザ等を含む電光変換部10と、モニタ部11と、光出力制御部12とを備え、光出力制御部12は、モニタ部11による光出力の検出信号及び監視制御部7からの制御情報によって、電光変換部10の光出力レベルの安定化或いは光出力レベルの増加又は減少の制御を行う。又光合波器5によって稼働中の光送信器からの光信号を

$$a+1-\exp(-t/\tau_1)$$

で与えられる。又光増幅器6、8の1波長当たり(1回線当たり)の所要光出力をpとし、光出力可変時の時定数を τ_2 とすると、光増幅器6、8の光出力は、 $a \times p$

$$a \times p + \{ (a+1) \times p - (a \times p) \} \times \{ 1 - \exp(-t/\tau) \} \\ = a \times p + p \times \{ 1 - \exp(-t/\tau) \} \quad \dots (2)$$

で表される。

【0015】この時、過渡状態に於ける光増幅器6、8

$$a \times p + p \times \{ 1 - \exp(-t/\tau) \} \times \{ 1 - \exp(-t/\tau) \} \\ \times \{ 1 / (a+1 - \exp(-t/\tau)) \} = p \quad \dots (3)$$

となる。即ち、光送信器を新たに稼働開始させる場合、その光送信器の立上りの時定数 τ_1 と同一の時定数 τ_2 で光増幅器6、8の光出力レベルの増加を制御することにより、波長当たりの光出力は所定値を維持することになり、光伝送路3の非線型効果による光信号波形の歪みの増加の問題を解決することができる。

【0016】反対に、稼働中の光送信器を停止させる場合も、その光送信器の立下げの時定数と同一の時定数によって光増幅器6、8からの光出力レベルを減少させることにより、波長当たりの光出力を所定値に維持することが可能となり、光伝送路3の非線型効果による光信号

合波して光波長多重信号とし、この光波長多重信号を光増幅手段としての光増幅器6により増幅して光伝送路3に送出する。光端局装置1に於いては、この光増幅器6を省略した構成とすることができる。

【0012】又光中継装置2は、光増幅手段としての光増幅器8を有し、光伝送路3を介して入力された光波長多重信号を光増幅器8によって増幅し、次段の光中継装置2に向けて送出する。受信側の光端局装置(図示せず)は、受信した光波長多重信号を波長対応に分波或いはタイムスロット対応に分波して電気信号に変換し、例えば、光端局装置1の回線9-1~9-nに対応する回線に送出する。

【0013】又監視制御部7は、モニタ処理部13と制御処理部14と制御情報送信部15とを備え、モニタ処理部13によって光送信器4-1~4-nのモニタ部11による電光変換部10の光出力の検出信号を収集する。又制御処理部14は、収集した検出信号により光送信器4-1~4-nの正常性を監視し、又稼働開始或いは稼働停止を行う光送信器に対する制御情報及び図示を省略したインタフェースを介して加えられるスタート信号st又はリセット信号rtによる稼働開始又は稼働停止を示す制御情報と、光増幅器6、8に対する制御情報とを生成し、光増幅器6、8に対しては制御情報送信部15から送信する。

【0014】例えば、光送信器の光出力を1とし、その稼働数をaとして、新たに1台の光送信器を実装して稼働を開始する場合、その光送信器の光出力の立上げ時定数を τ_1 とすると、その光送信器の光出力は、

$$\dots (1)$$

から $(a+1) \times p$ へ、時定数 τ_2 に従って増加させるものである。その場合、 $\tau_1 = \tau_2 = \tau$ とすると、

の1波長当たり(1回線当たり)の光出力は、

【0017】又監視制御部7は、常時、光送信器4-1~4-nの光出力を監視し、何らかの原因でこの光出力が変動した時に、各光増幅器6、8に制御情報を制御情報送信部15から送信し、光送信器4-1~4-nの光出力の変化に追従して、各光増幅器6、8の光出力を制御することができる。

【0018】図2は本発明の第1の実施例のフローチャートであり、光送信器の増加か削除かを判定し(A1)、増加する場合は、光送信器を実装したことによる実装モニタ手段により、或いは図示を省略した上位装置から、或いは保守要員が監視制御部7に通知する(A

送信器に光出力立上げ命令を通知し、各光増幅器 6, 8 に制御情報送信部 15 から光出力増加命令を通知する (A3)。

【0019】稼働開始光送信器は、予め設定された所定値まで光出力を増加し、又各光増幅器 6, 8 は、予め設定された稼働開始光送信器の立上げ時定数 τ_1 と同一の時定数 τ_2 に従って光出力を増加させる (A4)。そして、稼働開始の光送信器の光出力が 1 波長当たりの光出力に相当する所定値となり、又各光増幅器 6, 8 の光出力が 1 波長当たりの光出力と光送信器の稼働数との積

$|p \times (a + 1)|$ に相当する所定値となると、その所定値を維持する (A5)。

【0020】又光送信器の障害発生や保守の為の交換等の為の削除の場合は、監視制御部 7 に光送信器の削除を、例えば、図示を省略した上位装置或いは保守要員が通知する (A6)。監視制御部 7 は、稼働停止光送信器に対して光出力立下げ命令を通知し、各光増幅器 6, 8 に光出力の減少開始命令を通知する (A7)。

【0021】稼働停止光送信器は、光出力を零に向かって減少させ、又各光増幅器 6, 8 は、予め設定された稼働停止光送信器の立下り時定数と同一の時定数に従って光出力を減少させる (A8)。そして、各光増幅器 6, 8 の光出力が 1 波長当たりの光出力と光送信器の稼働数との積 $|p \times (a - 1)|$ に相当する所定値となると、その所定値を維持させ、又稼働停止の光送信器の動作を完全に停止させる (A9)。

【0022】図 3 は本発明の第 1 の実施例の光送信器増加時の説明図であり、縦軸は光増幅器の光出力、横軸は時間を示し、1 波長当たりの光出力の所定値を p 、光送信器の稼働数を a とすると、光増幅器 6, 8 の光出力は $a \times p = P_1$ となる。そして、時刻 t_1 に於いて、1 台の光送信器を増加して稼働を開始させる場合、光増幅器 6, 8 の光出力は $(a + 1) \times p = P_2$ とするものであり、その場合に、光送信器の光出力の立上り時定数と同一の時定数に従って、光増幅器 6, 8 の光出力を P_1 から P_2 へ実線で示すように増加させる。それによって、一波長当たりの光出力の変動を抑え、光伝送路 3 の非線型効果 (自己位相変調効果) による光信号波形の歪みや S/N 劣化を防ぐことができる。又光送信器の稼働停止の場合は、前述の光出力の制御と反対の制御となる。

【0023】しかし、稼働を開始する光送信器の立上りの制御と、光増幅器 6, 8 の光出力増加の制御とに、 Δt の遅延が生じる場合がある。その場合は、光増幅器 6, 8 の光出力は点線で示すように増加し、稼働開始の光送信器は、時刻 t_2 に於いて立上げが完了し、光増幅器 6, 8 の光出力増加の制御は $t_2 + \Delta t$ に於いて完了することになり、実線で示す理想状態に対して、点線で示す実際の制御状態に於ける光出力の誤差分 ΔP_1 が生じる。

たって立上りを制御することができる。即ち、1 台の光送信器を増加して稼働を開始させる場合、稼働数 a の時の光増幅器 6, 8 の光出力 P_1 と、稼働数 $(a + 1)$ の時の光増幅器 6, 8 の光出力 P_2 との間を複数段階に分割して、目標値を P_{11}, P_{12}, \dots とし、時刻 t_1 に光送信器の光出力の立上げを行う時に、光送信器の光出力も目標値 P_{11}, P_{12}, \dots 対応の目標値を設定し、光送信器と光増幅器 6, 8 とを同一の立上りの時定数で光出力の立上げを行い、各目標値に光出力が増加した時に、その光出力状態を遅延時間 Δt 程度の時間だけ維持することを繰り返し、時刻 t_3 に於いて制御を完了する。

【0025】従って、稼働開始の光送信器の光出力を段階状に増加し、それに追従して光増幅器 6, 8 の光出力も段階状に増加し、光増幅器 6, 8 の制御に Δt の遅延が生じて、実線で示す理想状態から点線で示すように光出力を増加した場合、 ΔP_2 の誤差分が生じるが、光出力を P_1 から P_2 まで上昇する過程に於ける平均誤差分は、図 3 に示す場合に比較して小さくなる。従って、制御遅延が生じる場合、複数段階で光出力制御を行うことにより、誤差分を低減することができるから、光伝送路 3 の非線型効果による光信号波形の歪みの抑制や S/N の低下を防止することができる。又光出力を減少させる場合も同様である。

【0026】図 5 は本発明の第 1 の実施例の光送信器の説明図であり、図 1 の光送信器 4-1 ~ 4-n の何れか一つの構成に相当し、10 は電光変換器、11 はモニタ部、12 は光出力制御部、21 は半導体レーザ (LD)、22 は光変調器、23 は駆動回路、24 は動作モニタ回路、25 は表示部、26 は実装モニタ部、27 はローパスフィルタ (LPF)、28 はバイアス発生回路、29 はスイッチ、a, b, c, d は監視制御部 7 と接続する端子、e は電源端子、f は送信データ端子であり、送信データは回線から加えられる。

【0027】電源端子 f からスイッチ 29 を介してバイアス発生回路 28 に電力が供給され、半導体レーザ 21 に対してローパスフィルタ 27 を介してバイアス電圧が印加され、動作モニタ回路 24 により半導体レーザ 21 の光出力をモニタし、所定の光出力レベルとなるように制御される。この場合の光波長は、光送信器毎に相違させるものである。又駆動回路 23 により変調器 22 を、送信データ端子 f に加えられた送信データに従って制御し、半導体レーザ 21 の光出力を強度変調して送出する。

【0028】この場合、監視制御部 7 から端子 d に加えられた制御信号によってスイッチ 29 をオンとし、半導体レーザ 21 を動作開始させる場合、バイアス発生回路 28 から半導体レーザ 21 に加えるバイアス電圧を徐々に上昇させる。即ち、稼働開始の光送信器の立上りは、

ものである。

【0029】又動作モニタ回路24は、半導体レーザ21の光出力をモニタして、異常発生時には、端子cから監視制御部7へ動作停止依頼を通知する。又表示部25を制御して、正常動作中、光出力可変中、異常発生、動作停止中等の発光表示を行わせる。それによって、多数の光送信器が架橋成に実装された状態に於いて、正常動作中であるか否かを容易に識別することができ、障害発生光送信器の交換を迅速化できる。

【0030】又実装モニタ部26は、光送信器を実装した時に、バックボードのコネクタピンに対して端子a、b間をショート状態として、監視制御部7に光送信器の実装状態を通知する場合を示す。なお、この実装モニタ部26は、監視制御部7に於ける実装情報を受信部の構成に対応して、例えば、端子a、bから或る電圧を送出する構成とすることも可能である。

【0031】図6は本発明の第1の実施例の光増幅器の説明図であり、31は光増幅部、32はモニタ部、33は利得制御部、34は出力一定制御回路、35は出力レベル設定回路、36は制御部、37は制御情報受信部である。

【0032】光増幅部31は、エルビウムドープ光ファイバと励起半導体レーザとを含む構成を有し、出力一定制御回路34は、出力レベル設定回路35に於いて設定された出力レベルと、モニタ部32により検出した光増幅部31の光出力レベルとを比較して、光増幅部31の光出力が設定出力レベルとなるように、利得制御部33を介して光増幅部31を制御する。

【0033】又監視制御部7（図1参照）からの制御情報を制御情報受信部37により受信し、制御部36に加えると共に、次段の光増幅器に対して制御情報を転送する。この場合、光送信器の増加による稼働開始又は光送信器の削除による稼働停止の制御情報を受信すると、制御部36に通知して、出力レベル設定回路35による設定値を、光送信器の光出力立上り時定数又は光出力立下り時定数に従った時定数によって、増加又は減少させる。その設定値に従って光増幅部31の光出力レベルが増加又は減少されて、光送信器の増加した時の稼働数又は削除した時の稼働数に対応した光出力レベルとなると、その光出力レベルを一定化するように制御される。

【0034】図7は本発明の第1の実施例の監視制御部の説明図であり、図1の監視制御部7の構成を示し、13はモニタ処理部、14は制御処理部、15は制御情報送信部、41-1~41-nは光送信器対応の実装検出回路、42は抵抗、43は基準電圧、44は比較器、45-1~45-nは監視制御回路、46-1~46-nはラッチ回路、47はトリガ発生回路、48はカウンタ、49は制御情報作成回路である。又a、b、c、dは、図5の光送信器の端子に対応する。

信器が未実装の場合、基準電圧43より抵抗42を介した端子b側の電圧が高く、光送信器が実装されると、基準電圧43より抵抗42を介した端子b側の電圧は、端子aがアースされるから、アース電位となり、比較器44によって光送信器の実装、未実装を検出することができる。監視制御回路45-1~45-nは、この実装検出回路41-1~41-nからの実装検出信号と、光送信器の動作モニタ回路24（図5参照）からの稼働開始又は稼働停止の依頼通知に従って、稼働開始又は稼働停止通知をラッチ回路46-1~46-nに加える。

【0036】又カウンタ48は、稼働中の光送信器の総数を保持し、監視制御回路45-1~45-nからの稼働開始又は稼働停止通知に従ってアップカウント又はダウンカウントし、カウント内容変更時にトリガ発生回路47を制御してトリガ信号をラッチ回路46-1~46-nと動作情報作成回路49とに加える。ラッチ回路46-1~46-nは、トリガ信号によって監視制御回路45-1~45-nからの稼働開始又は稼働停止通知のみをラッチする。例えば、光送信器4-1（図1参照）を実装して稼働開始する場合は、この光送信器4-1対応のラッチ回路46-1に、監視制御回路45-1からの稼働開始通知がラッチされる。

【0037】又制御情報作成回路49は、トリガ信号とカウンタ48のカウント内容（光送信器の稼働数）とを基に、稼働開始又は稼働停止の制御情報を作成し、制御情報送信部15から光増幅器6、8（図1参照）に送信する。

【0038】図8は本発明の第1の実施例の光増幅器の詳細説明図であり、図1の光増幅器6、8及び図6の光増幅器の構成を示し、31は光増幅部、32はモニタ部、33は利得制御部、34は出力一定制御回路、35は出力レベル設定回路、36は制御部、37は制御情報受信部、51は光合波器、52は励起用半導体レーザ、53は光分波器、54はホトダイオード等の受光素子、55は駆動用のトランジスタ、56は演算増幅器、57は切替回路、58は制御情報再生部である。

【0039】光増幅部31は、エルビウム（Er）ドープ光ファイバにより構成され、励起用の半導体レーザ52による前方励起の場合を示す。なお、後方励起や双方向励起とすることも勿論可能である。又アイソレータ等によって戻り光を阻止する構成を付加することも可能である。又1.55 μ m帯の信号光に対して、励起光は、1.48 μ m又は0.98 μ m帯とすることができる。

【0040】又切替回路57によって設定された比較基準値rf1~rfmと、モニタ部32の受光素子54によって検出した光出力レベルと比較し、トランジスタ55によって励起用の半導体レーザ52を制御し、光出力が一定となるように、光増幅部31を制御する。そして、監視制御部7の制御情報送信部15（図7参照）か

36に通知する。

【0041】制御部36は、光送信器を増加又は削除する場合、増加又は削除後の稼働数に対応した光出力となるように、切替回路57を制御して、比較基準値を選択する。この場合に、光送信器の光出力の立上り時定数又は立下り時定数に対応した時定数で、光増幅部31の光出力が増加又は減少するように、比較基準値 $r_{f1} \sim r_{fm}$ を細かく設定しておいて、制御部36によって時間の経過に従って切替回路57を制御するか、又は出力一定制御回路34に、トランジスタ55を制御する場合の時定数回路を付加して、稼働開始又は稼働停止の光送信器の立上り時定数又は立下り時定数に従って光増幅部31の光出力を制御することができる。

【0042】又図4に示す本発明の第2の実施例を実現する場合、監視制御部7により総て制御する構成とすることができることは勿論であり、その場合に、監視制御回路45-1～45-nと制御情報作成回路49とは、稼働開始又は稼働停止の光送信器の立上り時定数又は立下り時定数と、複数段階の目標値と、所定時間とを基に、時間の経過に従って光送信器の動作モニタ回路24に制御信号を送出し、又光増幅器6, 8(図1参照)に制御信号を送出することになる。

【0043】又光送信器と光増幅器とに於いて、それぞれ光出力の複数段階の目標値と、所定時間と、時定数とを設定し、監視制御部7からの稼働開始又は稼働停止の制御情報を受信することによって、図4に示すように、段階的に光出力の増加又は減少を制御することができる。

【0044】図9は本発明の第3の実施例のフローチャートであり、図1を参照して説明する。光増幅器は、通常は光出力一定制御方式により制御されるものである。そこで、光送信器の増加か削除かを判定し(B1)、増加の場合は、監視制御部7に光送信器の増加を通知し(B2)、監視制御部7から各光増幅器6, 8に利得一定制御方式への切替命令を通知し、稼働開始光送信器に光出力の立上げ命令を通知する(B3)。

【0045】稼働開始光送信器の光出力が所定値まで増加すると、各光増幅器6, 8に、利得一定制御方式から光出力一定制御方式に切戻す命令を通知する(B4)。そして、稼働開始光送信器の光出力及び各光増幅器6, 8の光出力を、光送信器の稼働数に対応した所定値に設定する。

【0046】又光送信器の障害発生等による削除の場合は、監視制御部7に光送信器の削除を通知し(B6)、監視制御部7は各光増幅器6, 8に利得一定制御方式への切替命令を通知し、稼働停止光送信器に光出力立下り命令を通知する(B7)。そして、稼働停止光送信器の光出力が所定値まで減少した時、各光増幅器6, 8に利得一定制御方式から光出力一定制御方式に切戻す命令を

【0047】そして、稼働停止光送信器の動作を完全に停止させ、各光増幅器6, 8は、稼働停止光送信器を除く光送信器の稼働数に対応した所定値に設定して、光出力一定制御方式によって光信号を増幅する(B9)。

【0048】図10は本発明の第3の実施例の光増幅器の説明図であり、61は光増幅部、62は出力モニタ部、63は利得制御部、64は出力一定制御回路、65は出力レベル設定回路、66は制御部、67は制御情報受信部、68は利得モニタ部、69は利得一定制御回路、70はセレクトである。

【0049】光送信器は、例えば、図5に示す構成を有し、又監視制御部は、例えば、図7に示す構成を有するものであり、光端局装置の光増幅器6と光中継装置の光増幅器8(図1参照)の構成の要部を図10に示すものである。セレクト70は制御部66によって制御され、通常は、出力一定制御回路64を選択して利得制御部63によって光増幅部61を制御する。

【0050】監視制御部からの制御情報を制御情報受信部67により受信し、次段の光増幅器に制御情報を転送し、又制御部66に受信制御情報を加える。この制御情報が光送信器の増加又は削除を示す場合、セレクト70を制御して、出力一定制御回路64から利得一定制御回路69に切替える。それによって、光増幅部61は、光出力一定制御方式から利得一定制御方式に切替えられ、稼働開始の光送信器の光出力の増加に従った光出力、又は稼働停止の光送信器の光出力の減少に従った光出力となる。即ち、波長対応の所定の光出力レベルを維持した状態で増幅出力することができる。

【0051】光増幅器は、稼働開始の光送信器の立上り時定数又は稼働停止の光送信器の立下り時定数に従った所定時間後、或いは監視制御部7による稼働開始の光送信器の光出力が所定値に増加したことを検出した時、又は稼働停止の光送信器の光出力が所定値に減少したことを検出した時に、制御情報を送出し、それによって、光増幅器は、制御部66によってセレクト70を制御し、利得一定制御回路69から出力一定制御回路64に切替える。従って、光増幅部61は、利得一定制御方式から光出力一定制御方式に切戻されて、各部の損失変動等による影響を打ち消すように、光出力レベルが一定となるように制御される。

【0052】図11は本発明の第3の実施例の光増幅器の詳細説明図であり、図10の構成を詳細に示すものである。同図に於いて、61は光増幅部、62は出力モニタ部、63は利得制御部、64は出力一定制御回路、65は出力レベル設定回路、66は制御部、67は制御情報受信部、68は利得モニタ部、69は利得一定制御回路、70はセレクト、71は光合波器、72は励起用の半導体レーザ、73は光分波器、74, 79は受光素子、75はトランジスタ、76, 82は演算増幅器、7

路、81はホールド回路である。

【0053】前述のように、光送信器の稼働開始又は稼働停止の制御情報を制御情報受信部67で受信すると、制御部66は、セクタ70を制御して、演算増幅器76側から演算増幅器82側を選択するように切替える。それによって、トランジスタ75、半導体レーザ72、光合波器71、光増幅部61、利得モニタ部68、利得一定制御回路69のループにより、光増幅部61は利得一定制御方式によって制御される。

【0054】この場合、利得モニタ部68のホトダイオード等の受光素子79は、光増幅部61を構成するエルビウム(Er)ドープ光ファイバの自然放出光(ASE; Amplified Spontaneous Emission)を検出する構成の場合を示す。このような技術は、自然放出光がエルビウムドープ光ファイバの利得に比例し、その側面からも放出されるから、これを検出するように受光素子79を配置することになる(例えば、特開平4-356984号公報参照)。

【0055】このように自然放出光(ASE光)を受光素子79により検出し、平均化回路80によって平均化し、ホールド回路81によりホールドし、利得モニタ部68の受光素子79による検出出力が平均値に対して一定となるように、演算増幅器82からセクタ70を介してトランジスタ75を制御し、励起用の半導体レーザ72からの励起光電力を制御する。

【0056】このように、利得一定制御方式により、光増幅部61は、光入力が増加すれば、それに対応して光出力が増加するように増幅し、光入力が増加すれば、それに対応して光出力が増加するように増幅するから、稼働開始の光送信器の光出力の立上り又は稼働停止の光送信器の光出力の立下りに対応した光出力とすることができる。従って、波長当たりの所定の光出力を維持して、光送信器の追加、削除が可能となり、光信号波形の歪みの抑制やS/Nの低下の防止ができる。

【0057】又制御部66は、光送信器の稼働数に対応した比較基準値 $r_{f1} \sim r_{fm}$ を選択するように切替回路77を制御し、所定時間後、又は監視制御部7からの制御情報受信によってセクタ70を制御し、演算増幅器82側から演算増幅器76側を選択するように切替える。それによって、光増幅部61は、光出力一定制御方式によって制御され、出力レベル設定回路65による比較基準値の設定に従った光出力レベルになるように、励起用の半導体レーザ75が制御される。

【0058】図12は本発明の第4の実施例の説明図であり、図1と同一符号は同一部分を示し、15Aは制御情報光送信部である。この制御情報光送信部15Aから制御情報を光信号とし、その波長を、各光送信器4-1~4-nの光出力の波長と相違させて、波長多重化し、光増幅器6及び光中継装置2の光増幅器8は、それぞれ

4-nの稼働開始又は稼働停止に従った制御を行うことになる。従って、監視制御部7から各光増幅器6、8に制御情報を転送する為の信号線を省略することができる。

【0059】図13は本発明の第4の実施例の光増幅器の説明図であり、91は光増幅部、92はモニタ部、93は利得制御部、94は出力一定制御回路、95は出力レベル設定回路、96は制御部、97は制御情報受信部、98と電気光変換部、99は光分波器、100は光合波器である。

【0060】電気光変換部98と光分波器99と光合波器100とを除く構成は、図6に示す本発明の第1の実施例と同様の構成であり、この実施例は、監視制御部7の制御情報光送信部15Aから制御情報光信号として、光合波器5により波長多重化し、光伝送路3を介して制御情報光信号を転送するものであるから、この制御情報光信号を、光分波器99により分波し、制御情報受信部97に加える。この場合、制御情報光信号を電気信号に変換し、制御部96と電気光変換部98とに加える。

【0061】この電気光変換部98により変換された制御情報光信号は、光増幅部91による増幅光出力と共に光合波器100によって合波される。即ち、光波長多重信号として次段の光中継装置に転送される。又受信制御情報に従って制御部96は、前述の実施例と同様、出力レベル設定回路95の比較基準値を、光送信器の増加又は減少した後の稼働数に対応して選択して設定する。又光増幅部91の光出力を光送信器の光出力の立上り時定数又は立下り時定数と同一の時定数に従って、設定された比較基準値に向かって増加又は減少させるように制御する。そして、比較基準値に相当する光出力となると、通常の制御に移行することになる。

【0062】又図9、図10、図11に示す光出力一定制御方式と利得一定制御方式とに切替える構成に於いても、監視制御部7から各光増幅器6、8に加える制御情報を、光信号に変換し、各光送信器4-1~4-nからの光信号に波長多重化して、光伝送路3によって転送することも可能である。

【0063】図14は本発明の第5の実施例の説明図であり、101は光端局装置、102は光中継装置、103は光伝送路、104-1~104-nは光送信器、105は光合波器、106は光増幅器、107は監視制御部、108は光増幅器、109-1~109-nは回線、110は電気光変換器、111はモニタ部、112は光出力制御部、113はモニタ処理部、114は制御処理部、115は制御情報送信部である。

【0064】光送信器104-1~104-nは、それぞれ設定されたタイムスロットに於いて回線109-1~109-nからの送信データに従った同一光波長の光信号を送出するものであり、光合波器5は、各光送信器104-1~104-nの所定のタイムスロットの光信

する。このような光送信器104-1~104-n対応のタイムスロットの制御は、監視制御部107の制御処理部114によって行うことができる。

【0065】又光端局装置101の光増幅器106及び光中継装置102は、時分割多重化信号を増幅するもので、前述の各実施例を適用して制御することができる。即ち、光送信器の増加又は減少時に於ける光増幅器106、108の光出力を、稼働開始する光送信器の立上り時定数又は稼働停止する光送信器の立下り時定数と同一の時定数に従って制御するか、又は光出力一定制御方式から利得一定制御方式に切替えて、光送信器の稼働開始又は稼働停止を行わせ、光送信器の光出力が所定値になった時に、利得一定制御方式から光出力一定制御方式に切戻す制御を行うこともできる。

【0066】図15は時分割多重化光信号の説明図であり、例えば、光送信器104-1~104-4に割当てられたタイムスロットT1~T4に於いて、それぞれ送信データの“1”，“0”に従って(a)~(d)に示すように光信号を送出する。それによって、光合波器105により合波すると、(e)に示す時分割多重化光信号が得られる。各タイムスロットT1~T4と回線109-1~109-4との対応付け等の制御は、既に知られている時分割多重化方式に従った制御を適用することができる。

【0067】なお、時分割多重化と波長多重化とを組合せて、多重度を高くし、効率の良い多重化光信号による通信を可能とすることもできる。又本発明は、前述の各実施例のみに限定されるものではなく、種々付加変更することができる。例えば、光増幅器は、エルビウムドープ光ファイバのみでなく、他の希土類ドープ光ファイバや半導体光増幅器等を適用することも可能である。

【0068】前述の各実施の形態の要点を列記すると、次のようになる。(1)光端局装置間を、光増幅器を有する光中継装置を介して光伝送路により接続し、光波長多重信号を送送する光波長多重通信システムに於いて、光端局装置は、複数の光送信器と、この複数の光送信器からのそれぞれ異なる光波長又はそれぞれ異なるタイムスロットの光信号を合波する光合波器と、複数の光送信器の動作状態を監視する監視制御部とを備え、この監視制御部は、光送信器の光出力変化をモニタして、この光出力変化に追従して光増幅器の光出力を制御する構成を備えた光波長多重通信システム。

【0069】(2)光端局装置間を、光増幅器を有する光中継装置を介して光伝送路により接続し、光波長多重信号を送送する光波長多重通信システムに於いて、光端局装置は、複数の光送信器と、この複数の光送信器からのそれぞれ異なる光波長又はそれぞれ異なるタイムスロットの光信号を合波する光合波器と、前記複数の光送信器の動作状態を監視する監視制御部とを備え、この監視

の時に、該光送信器と、前記光中継装置の前記光増幅器とに対して制御情報を通知する構成を備え、稼働開始又は稼働停止を行う光送信器と、前記光中継装置の前記光増幅器とは、前記監視制御部からの制御情報により、それぞれ光出力レベルを同一の時定数に従って所定値まで増加又は減少させる制御構成を備えた光波長多重通信システム。

【0070】(3)前記稼働開始又は稼働停止を行う光送信器と、前記光中継装置の前記光増幅器とは、前記監視制御部からの制御情報により、それぞれ光出力レベルを所定値まで同一の時定数に従って増加又は減少させる過程に於いて複数段階の目標値を定め、各目標値に到達した時に所定時間だけその状態を維持することを繰り返す制御を行う構成を備えた光波長多重通信システム。

【0071】(4)光端局装置間を、光増幅器を有する光中継装置を介して光伝送路により接続し、光波長多重信号を送送する光波長多重通信システムに於いて、前記光端局装置は、複数の光送信器と、該複数の光送信器からのそれぞれ異なる光波長又はそれぞれ異なるタイムスロットの光信号を合波する光合波器と、前記複数の光送信器の動作状態を監視する監視制御部とを備え、該監視制御部は、前記光送信器の新たな稼働開始又は稼働停止の時に、該光送信器と、前記光中継装置の前記光増幅器とに対して制御情報を通知する構成を備え、前記光中継装置の前記光増幅器は、前記監視制御部からの制御情報により、光出力一定制御方式から利得一定制御方式に制御方式を切替え、前記稼働開始又は稼働停止を行う光送信器の光出力が所定値に増加又は減少した後に、前記利得一定制御方式から前記光出力一定制御方式に制御方式を切戻す構成を備えた光波長多重通信システム。

【0072】(5)前記光送信器は、光出力のモニタ部を備え、前記監視制御部は、前記モニタ部による前記光出力の検出信号に従って前記光中継装置の前記光増幅器を制御する制御情報を送出する構成を備えた光波長多重通信システム。

【0073】(6)前記光端局装置は、前記監視制御部により制御されて前記光合波器からの光波長多重信号を増幅する光増幅器を備えた光波長多重通信システム。

【0074】(7)光波長多重通信システムに於ける光端局装置に於いて、それぞれ異なる光波長の光信号又はそれぞれ異なるタイムスロットの光信号を出力する複数の光送信器と、該複数の光送信器からの光信号を合波する光合波器と、前記光送信器を監視し、稼働開始又は稼働停止を行う光送信器に対して光出力レベルの増加開始又は減少開始の制御情報を通知する監視制御部とを備え、新たに稼働開始又は稼働停止を行う光送信器は、前記監視制御部からの光出力レベルの増加開始又は減少開始の制御情報を受信して、所定の時定数に従って所定値まで光出力レベルを増加又は減少する制御構成を備えた光端局装置

【0075】（8）新たに稼働開始又は稼働停止を行う光送信器は、前記監視制御部からの光出力レベルの増加開始又は減少開始の制御情報を受信して、所定の時定数に従って所定値まで光出力レベルが増加又は減少するまでの間に複数段階の目標値を定め、各目標値に到達した時にその状態を所定時間維持することを繰り返す制御構成を備えた光端局装置。

【0076】（9）光波長多重通信システムに於ける光端局装置に於いて、それぞれ異なる光波長の光信号又はそれぞれ異なるタイムスロットの光信号を出力する複数の光送信器と、該複数の光送信器からの光信号を合波する光合波器と、前記光送信器を監視し、稼働開始又は稼働停止を行う光送信器と、少なくとも前記光増幅器に対して光出力レベルの増加開始又は減少開始の制御情報を通知する監視制御部とを備え、新たに稼働開始又は稼働停止を行う光送信器は、前記監視制御部からの光出力レベルの増加開始又は減少開始の制御情報を受信して、所定の時定数に従って所定値まで光出力レベルを増加又は減少する制御構成を備えた光端局装置。

【0077】（10）前記監視制御部は、前記光送信器の増減に対応して送出する前記制御情報を光信号に変換して前記光合波器に加え、前記複数の光送信器からの光信号と多重化して送出する構成を備えた光端局装置。

【0078】（11）前記光送信器は、電気信号を光信号に変換する電光変換部と、前記監視制御部からの制御情報に従って前記電光変換部の光出力レベルを制御する光出力制御部と、前記電光変換部の光出力を検出して前記監視制御部に転送するモニタ部と、実装状態を前記監視制御部に通知する実装通知部とを備えた光端局装置。

【0079】（12）前記光端局装置は、前記監視制御部からの制御情報によって制御され、前記光合波器による光波長多重信号を増幅する光増幅器を備えた光端局装置。

【0080】（13）光波長多重通信システムに於ける光中継装置に於いて、光伝送路を介して受信した光信号を増幅して出力する光増幅器と、該光増幅器の光出力をモニタするモニタ部と、光端局装置の監視制御部からの制御情報を受信処理する制御情報受信部と、該制御情報受信部により受信した制御情報と前記モニタ部による検出信号とを基に、前記光増幅器からの光出力レベルを、所定の時定数に従って制御する増幅制御部とを備えた光中継装置。

【0081】（14）光波長多重通信システムに於ける光中継装置に於いて、光伝送路を介して受信した光信号を増幅して出力する光増幅器と、該光増幅器の光出力をモニタするモニタ部と、光端局装置の監視制御部からの制御情報を受信処理する制御情報受信部と、該制御情報受信部により受信した制御情報に従って、光出力一定制御方式から利得一定制御方式に切替えて前記光増幅器の

出力一定制御方式に切戻して前記光増幅器の光出力レベルを制御する増幅制御部とを備えた光中継装置。

【0082】

【発明の効果】以上説明したように、本発明は、光波長多重通信システムに於いて、光波長多重信号の波長数の増減を行う場合に、光波長多重信号を増幅する光増幅器6、8等の光増幅手段を、利得が一定となるように制御することにより、波長数に対応した光出力レベルとすることができる。従って、所望のマージンを確保することが可能となり、システム運用中の回線数の増減を安定に行うことができる利点がある。

【0083】又光信号の波長数の増減を決定して、光増幅手段の利得を一定となるように制御し、その後光信号の波長数の増減を実行した後、増幅出力信号レベルが所定値となるように制御し、波長数の増減過程に於ける光増幅手段の利得一定制御と、光出力レベル一定制御とを切替えることによって、システム運用中の回線数の増減を安定に行うことができる利点がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例の説明図である。

【図2】本発明の第1の実施例のフローチャートである。

【図3】本発明の第1の実施例の光送信器増加時の説明図である。

【図4】本発明の第2の実施例の光送信器増加時の説明図である。

【図5】本発明の第1の実施例の光送信器の説明図である。

【図6】本発明の第1の実施例の光増幅器の説明図である。

【図7】本発明の第1の実施例の監視制御部の説明図である。

【図8】本発明の第1の実施例の光増幅器の詳細説明図である。

【図9】本発明の第3の実施例のフローチャートである。

【図10】本発明の第3の実施例の光増幅器の説明図である。

【図11】本発明の第3の実施例の光増幅器の詳細説明図である。

【図12】本発明の第4の実施例の説明図である。

【図13】本発明の第4の実施例の光増幅器の説明図である。

【図14】本発明の第5の実施例の説明図である。

【図15】時分割多重化光信号の説明図である。

【符号の説明】

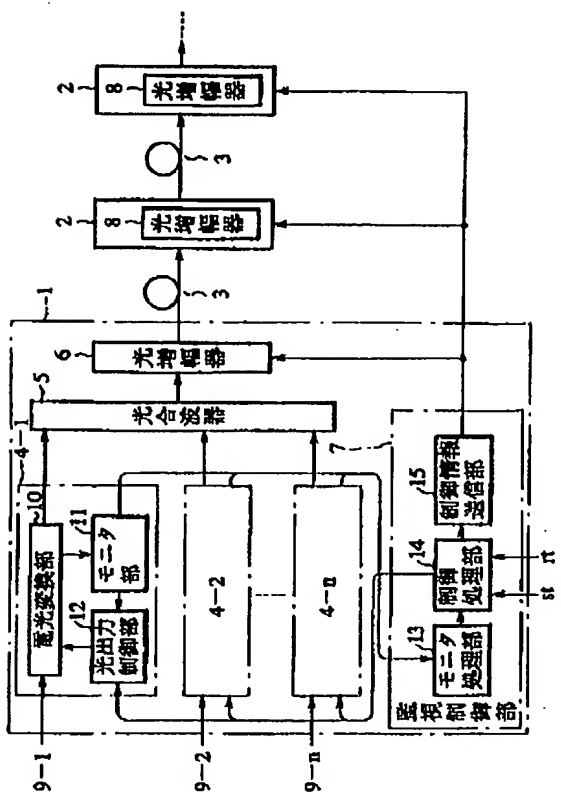
- 1 光端局装置
- 2 光中継装置
- 3 光伝送路

- 5 光合波器
- 6 光増幅器

- 7 監視制御部
- 8 光増幅器

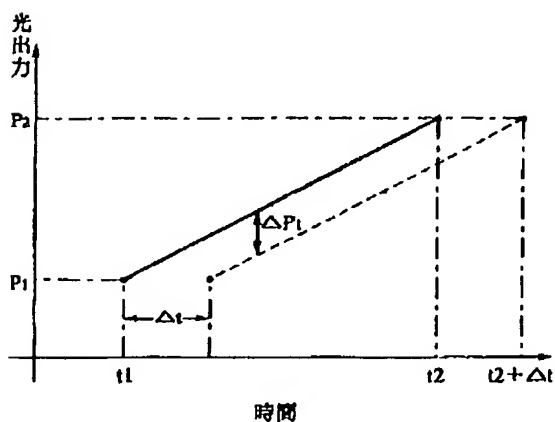
【図1】

本発明の第1の実施例の説明図



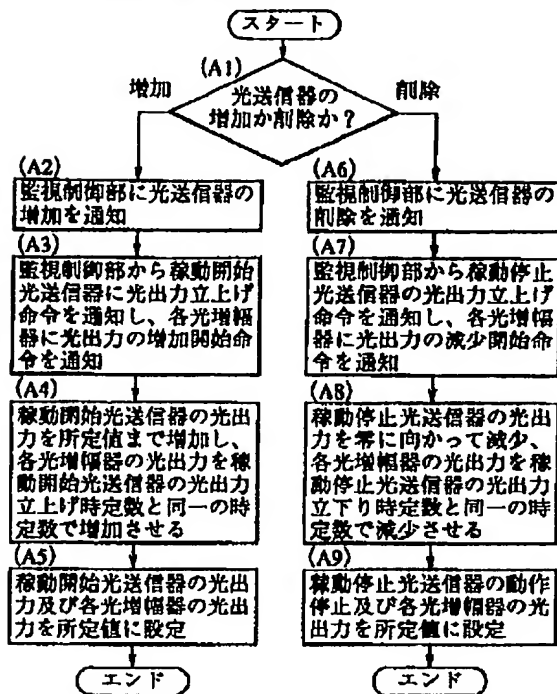
【図3】

本発明の第1の実施例の光送信器増加時の説明図



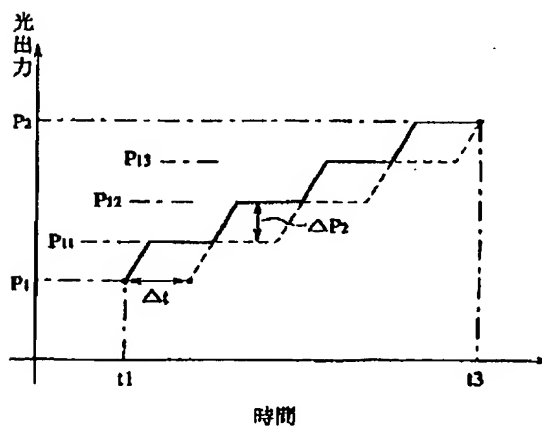
【図2】

本発明の第1の実施例のフローチャート

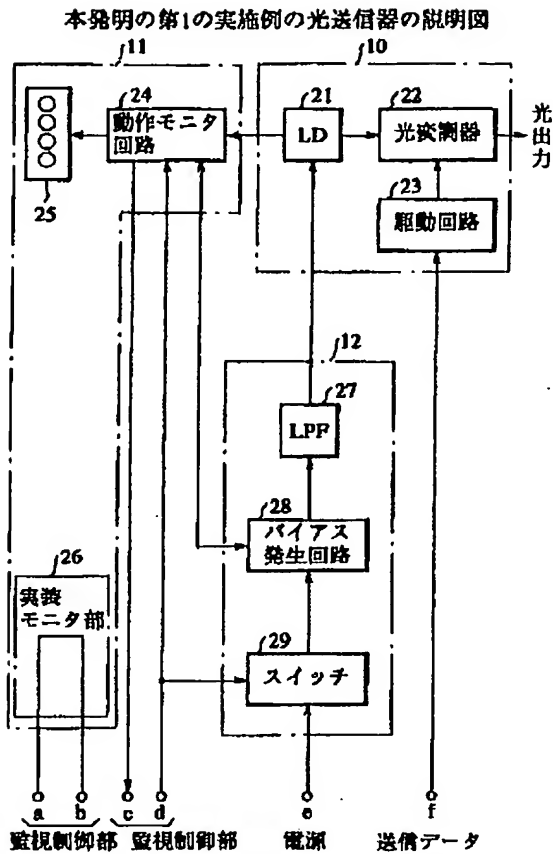


【図4】

本発明の第2の実施例の光送信器増加時の説明図

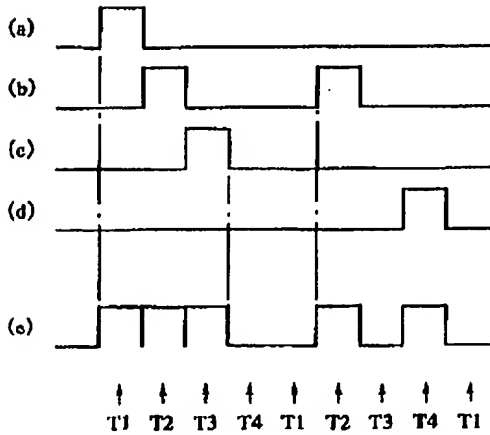


【図5】



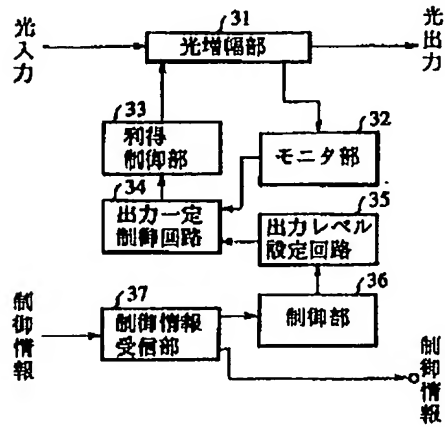
【図15】

時分割多重化光信号の説明図



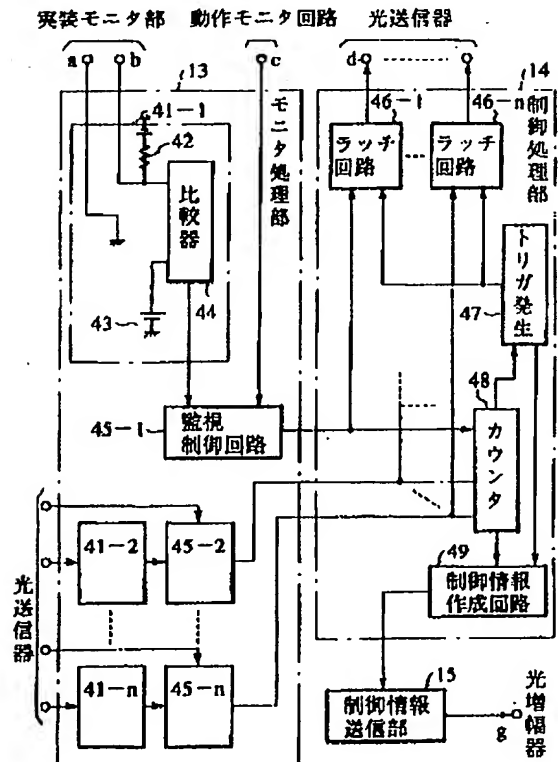
【図6】

本発明の第1の実施例の光増幅器の説明図



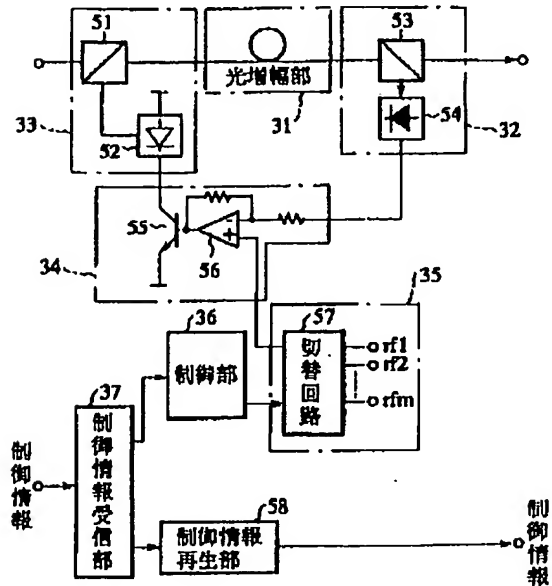
【図7】

本発明の第1の実施例の監視制御部の説明図



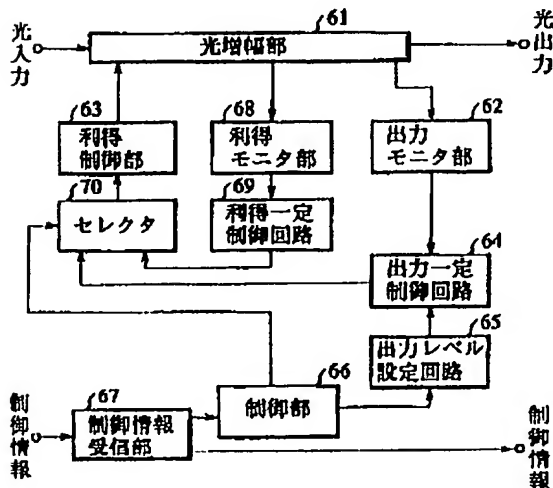
【図 8】

本発明の第1の実施例の光増幅器の詳細説明図



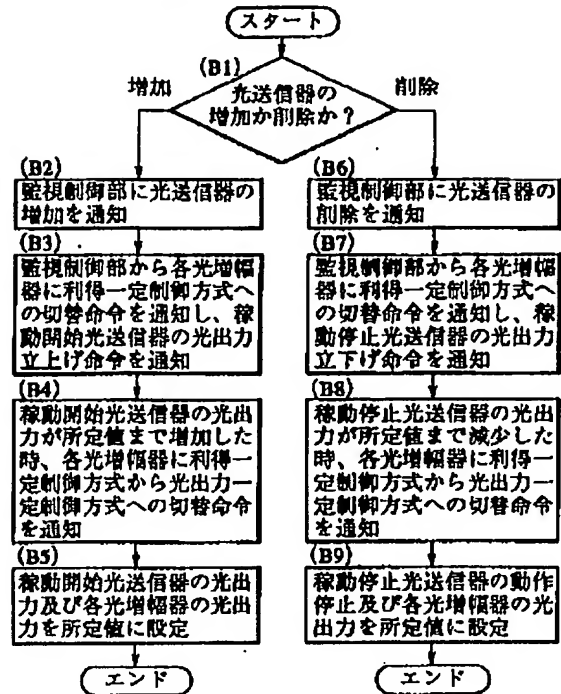
【図 10】

本発明の第3の実施例の光増幅器の説明図



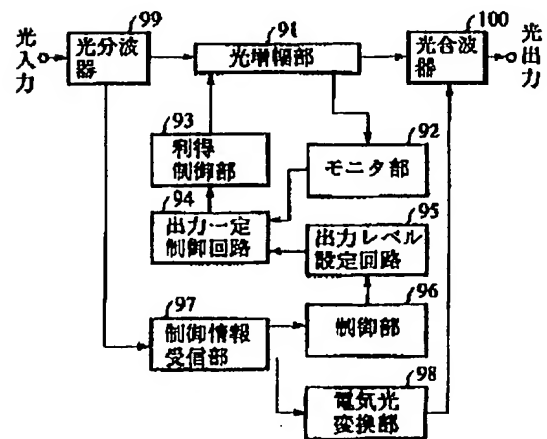
【図 9】

本発明の第3の実施例のフローチャート



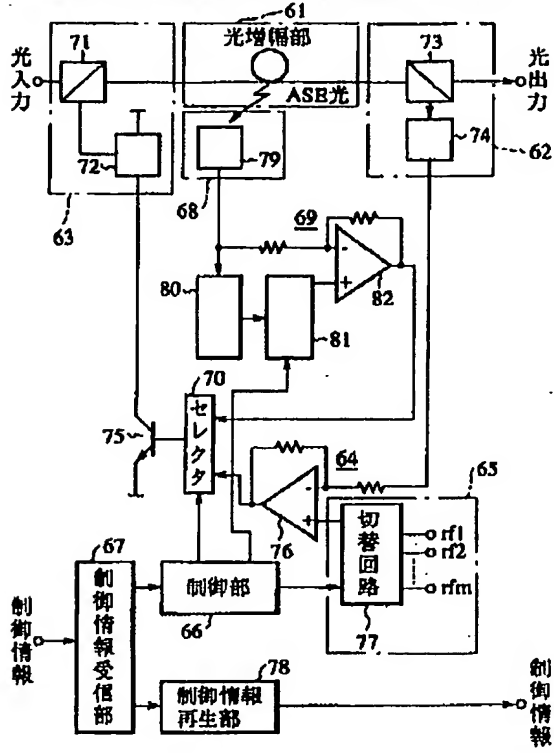
【図 13】

本発明の第4の実施例の光増幅器の説明図



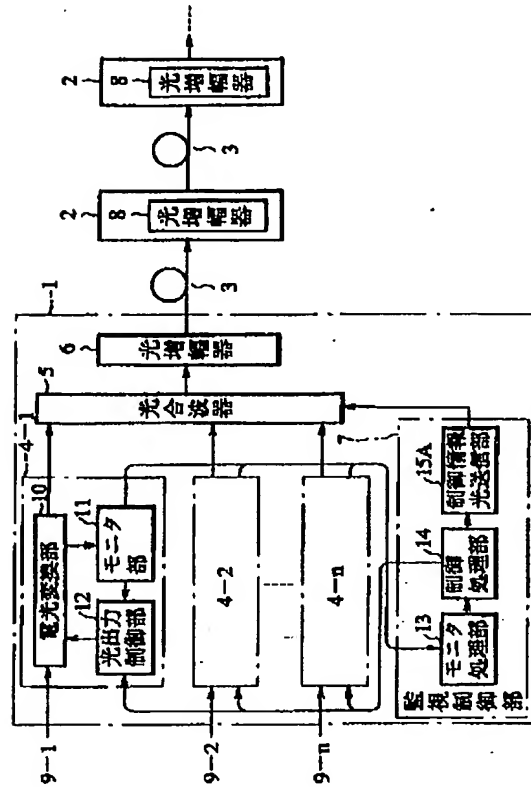
【図11】

本発明の第3の実施例の光増幅器の詳細説明図



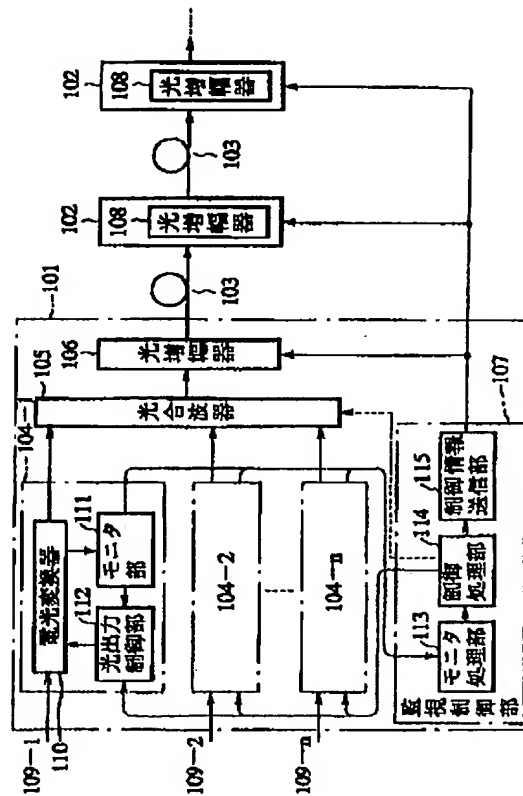
【図12】

本発明の第4の実施例の説明図



【図14】

本発明の第5の実施例の説明図



フロントページの続き

(51)Int. Cl.⁷

H 0 4 J 14/02

H 0 4 B 10/14

10/06

10/04

H 0 4 J 14/08

識別記号

F I

H 0 4 B 9/00

D

テーマコード(参考)